

# Wetenschap

## *Wat is wetenschap?*



**Natuurkundigen** tijdens de **Solvayconferentie** in 1911. Met presentaties en debatten tijdens conferenties en symposia en met *peer review* bij wetenschappelijke publicaties werkt de **wetenschappelijke gemeenschap** aan het waarborgen van de kwaliteit van de wetenschap, haar methodes en interpretatie van resultaten. Op de foto onder meer **Hendrik Lorentz**, **Ernest Solvay**, **Marie Curie**, **Henri Poincaré**, **Ernest Rutherford**, **Heike Kamerlingh Onnes** en **Albert Einstein**.

**Wetenschap** omvat bepaalde vormen van menselijke **kennis**, het **proces** om hiertoe te komen en de **organisatie** waarbinnen deze kennis wordt vergaard.

De wetenschappelijke wereld is dat deel van de **maatschappij** dat zich uitdrukkelijk ten doel heeft gesteld systematisch **kennis te verwerven**. De wetenschap heeft een eigen karakter wat blijkt uit haar methoden en conventies. De aldus ontwikkelde *wetenschappelijke kennis* vormt een specifieke reconstructie van een deel van de **werkelijkheid** en is opgebouwd met behulp van bepaalde **wetenschappelijke methodes**.<sup>[1]</sup>

Wetenschap en **technologie** zijn bepalende elementen van de moderne geïndustrialiseerde samenleving en mede hierdoor beïnvloeden maatschappij, techniek en wetenschap elkaar sterk.<sup>[2]</sup>

Deze verweving maakt tegelijk dat het bij wetenschap in veel gevallen om meer gaat dan om kennisverwerving en reconstructie van de werkelijkheid. Veel wetenschap is er op gericht kennisverwerving te koppelen aan toepassing ervan. Niet louter reconstructie van de werkelijkheid maar ook **constructie** van de werkelijkheid is het doel.

# Algemeen

## Betekeningen

Er bestaan vele verschillende betekenissen en interpretaties van wetenschap. In het dagelijks leven wordt wetenschap veelal gezien als een vorm van kennis of weten. De [Van Dale](#) (2005) stelt, dat we de volgende vijf betekenissen onderkennen.<sup>[3]</sup>

1. het [weten](#) omtrent, de kennis en de bekendheid met iets.
2. wat men omtrent iets moet weten.
3. het systematisch geordende geheel van het weten en van de regels, [wetmatigheden](#), [theorieën](#), [hypotheses](#) en [systemen](#) waarmee verdere kennis verkregen kan worden.
4. het weten op een speciaal [vakgebied](#).
5. de [beoefenaars](#) van de wetenschap.

Het begrip "wetenschap" is in bepaalde samenhang ook als synoniem van denkvermogen, bewustzijn, medeweten, toestemming, mededeling, kennisgeving en rechterlijke aanzetting. Dit maakt het begrip *wetenschap* veelomvattend. In het dagelijks spraakgebruik gaat het meestal om betekenis 3.

## Beroepspraktijk

In de wetenschappelijke - academische - beroepspraktijk ziet men de wetenschap als een onderdeel van de maatschappij, dat zich ten doel heeft gesteld kennis te vergaren. Dit onderdeel heeft een heel eigen karakter, en de beoefening ervan is onderworpen aan eigen wetten, methoden en [conventies](#). In deze praktijk worden met het begrip wetenschap echter weer meer dingen aangeduid. Bergsma & Petersen (2004) onderscheiden hier:<sup>[1]</sup>

- Het [instituut](#) der wetenschap: de [universiteiten](#), de [hoogleraren](#), de organisatie, enz. Wetenschap in deze zin heet ook wel wetenschapbedrijf.
- De wetenschappelijke activiteit; elke wetenschapper houdt zich in meerdere of mindere mate bezig met [meten](#), registreren, [waarnemen](#), en [experimenteren](#), [ordenen](#) en [interpreteren](#), [begripsvorming](#) en verwoording, afleiding en [voorspellen](#), hypothesevorming en -toetsing, evaluatie en planning. Wetenschap in deze zin heet ook wel wetenschapsbeoefening.
- De wetenschappelijke producten van deze activiteit, de wetenschappelijke kennis. De wetenschappelijke kennis vormt een reconstructie van een deel van de werkelijkheid, opgebouwd met een bepaalde methodiek. Deze reconstructie is systematisch in de zin dat men steeds tracht series gelijkvormige vragen te beantwoorden en lacunes in de kennis op te vullen.

De beroepspraktijk van wetenschappers zoals deze hierboven is omschreven is meer een ideaal dan werkelijkheid. De huidige beroepspraktijk omvat veel meer dan de academische instituten. Veel wetenschap wordt beoefend aan industriële laboratoria, militaire instituten, ziekenhuizen en dergelijke. Verreweg de meeste wetenschappers zijn niet actief binnen academische instituten. Bovendien werken veel wetenschappers binnen organisaties die een brug slaan tussen beleid en de academische, fundamentele wetenschap.

De buiten de Academie beoefende wetenschap heeft deels andere karakteristieken dan de boven beschreven - academische - wetenschap. Naast hoogleraren zijn het vooral onderzoekers aan Research & Development instituten die de koers uitzetten binnen het wetenschappelijke bedrijf. Naast meten en interpreteren houdt wetenschap zich ook bezig met ontwikkelen van bijvoorbeeld producten in de militaire, farmaceutische of

voedingssector of van concepten waarmee de wereld of een onderdeel daarvan in een ander perspectief komt te staan. Het gaat dan niet alleen om het reconstrueren van de werkelijkheid maar ook om de constructie ervan.

## Eigenschappen

Het begrip wetenschap is dus in de wetenschappelijke praktijk de benaming van zowel het instituut, als het werk en het product van het wetenschapsbedrijf. Hiernaast is in de wetenschappelijke theorie al eeuwen een discussie gaande over de vraag: *Wat zou wetenschap moeten inhouden?*. Deze discussie wordt gevoerd door [natuurwetenschappers](#), [filosofen](#), [geschiedkundigen](#) en andere belanghebbenden over de aard van de wetenschap. Volgens Lindberg (1995) zijn hierbij diverse opvattingen over de wetenschap naar voren gekomen.<sup>[4]</sup>

- Wetenschap wordt beschouwd als gedragspatroon waarmee de mens zich controle over zijn omgeving verschaft.
- Wetenschap wordt gezien als zowel theoretische kennis en technologie als de toepassing van theoretische kennis bij het oplossen van praktische problemen.
- Wetenschap wordt gekenmerkt door de vorm van haar beweringen - universele wetmatige beweringen, bij voorkeur in [wiskundige](#) taal gesteld.
- Wetenschap kan worden gedefinieerd aan de hand van haar methodenleer: in het geval van een empirische wetenschap door middel van experimentele procedures, die tot doel hebben de geheimen van de natuur te onderzoeken en theorieën over haar gedragingen te bevestigen of te ontkennen.
- Wetenschap kan men herkennen aan haar [epistemologische](#) status, ofwel de zekerheden die haar stellingen geacht worden te geven.
- Wetenschap bestaat uit een specifieke reeks overtuigingen over de natuur - min of meer wat de hedendaagse natuurwetenschappen zoals natuurkunde, scheikunde, biologie en geologie leren.
- *Wetenschap* en *wetenschappelijk* zijn termen die kunnen worden toegepast op iedere werkwijze en overtuiging, die gekenmerkt wordt door geldigheid, precisie en [objectiviteit](#). Sherlock Holmes gebruikte aldus, bij het bestuderen van misdaden een wetenschappelijke methode.

Deze opvattingen hebben enerzijds betrekking op het wetenschappelijk werk en anderzijds op het wetenschappelijk product. In de verdere bespreking zal blijken dat de studie naar deze zaken op vele punten is verdiept. Wetenschap heeft zo allerlei specifieke betekenissen. In de praktijk ten slotte worden "wetenschap" en "wetenschappelijk" ook vaak gewoonweg gebruikt als algemene termen van goedkeuring - als benamingen die wij verbinden aan alles wat we willen aanprijzen.<sup>[4]</sup>

# Geschiedenis

Bij wetenschap gaat het om opzettelijk en doelgericht onderzoek en verwerving van kennis op een bepaald terrein of vakgebied of vakwetenschap. Deze vorm heeft in de Westerse wereld sinds [Plato](#) maar vooral in de loop van de Middeleeuwen een geïstitutionaliseerde vorm gekregen in academies of universiteiten en in speciale onderzoeksinstituten of -laboratoria.<sup>[5]</sup>

## Eerste beschavingen



Mesopotamisch kleitablet

Wetenschap in vroege culturen vond plaats van Mesopotamië, [India](#), het [Oude Egypte](#), [Perzië](#), [China](#) tot bij de [Maya's](#) in Mexico. De oudste overleveringen uit het [Nabije Oosten](#) stammen uit [Sumerië](#), het huidige Irak. Rond [3500 v.Chr.](#) begonnen de Mesopotamische volkeren, die in contact stonden met de [Indusbeschaving](#), [waarnemingen](#) van de wereld vast te leggen met kwantitatieve en [getalsmatige](#) gegevens. Hun waarnemingen en metingen werden om andere dan wetenschappelijke redenen gedaan. Een concreet voorbeeld van de [stelling van Pythagoras](#) werd in de 18e eeuw v.Chr. vastgelegd: het Mesopotamisch [kleitablet met spijkerschrift](#) Plimpton 232 legt een aantal Pythagorese drietallen (3,4,5) (5,12,13). Dit kleitablet, gedateerd 1900 v.Chr., bevatte echter geen abstracte formulering van de stelling.

## Klassieke oudheid

Wetenschap in de [Klassieke Oudheid](#) richtte zich primair op het verklaren van de werking van de [kosmos](#). Aldus ontstond de [natuurfilosofie](#) en vervolgens de [klassieke filosofie](#). Meer praktisch gericht waren de [geneeskunde](#), de [astronomie](#) voor het opstellen van [kalenders](#), en [astrologie](#) om de toekomst te voorspellen. De geleerden uit de Oudheid zullen zichzelf niet als zodanig hebben gezien, eerder zullen ze zich als natuurfilosofen, vaklieden (artsen of onderwijzers) of priesters (astrologen of geneeskundigen) hebben beschouwd.

Zo was ook de Griekse natuurwetenschap eigenlijk vooral natuurfilosofie. Er werd vooral nagedacht over hoe de natuur in elkaar zat, aangevuld door natuurfilosofische [discussies](#). Er werden weinig [experimenten](#) uitgevoerd om de gevonden beweringen te testen, in tegenstelling tot later in de West-Europese ontwikkeling van de (natuur)wetenschap, waar dit een standaardmethode zou worden.

## Middeleeuwen

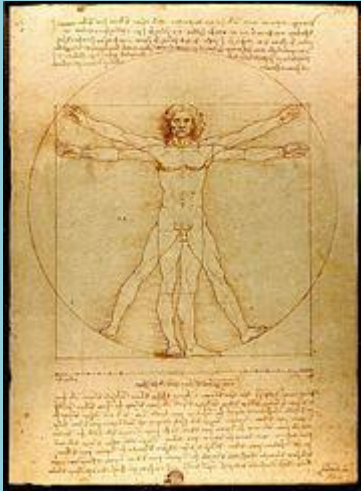


De mens en de wereld als sfeer van aarde, lucht en water, 1400 AD.

[Wetenschap in de Middeleeuwen](#) is in het Latijnse deel van het Romeinse Rijk geen sterk punt, vergeleken met haar Grieks/Hellenistische tegenhanger. Met het einde van de Romeinse beschaving kwam [West-Europa](#) met grote moeilijkheden die de intellectuele productie aantastten in de Middeleeuwen terecht. De meeste [klassieke](#) wetenschappelijke verhandelingen gingen hier verloren. Pas met de [Renaissance van de 12e eeuw](#) is de interesse in het onderzoek naar de natuur hernieuwd. In deze periode ontwikkelde zich met name de [Scholastische filosofie](#), die zich op de [logica](#) richtte en het [empirisme](#) bepleitte: men wilde de natuur als een coherent systeem van wetten zien die in het licht van de rede en verrichte waarnemingen verklaard kon worden. Met deze blik gingen de middeleeuwse wetenschappers op zoek naar verklaringen voor fenomenen en boekten belangrijke methodische en inhoudelijke vooruitgang in gebieden als de [fysica](#).

## Renaissance

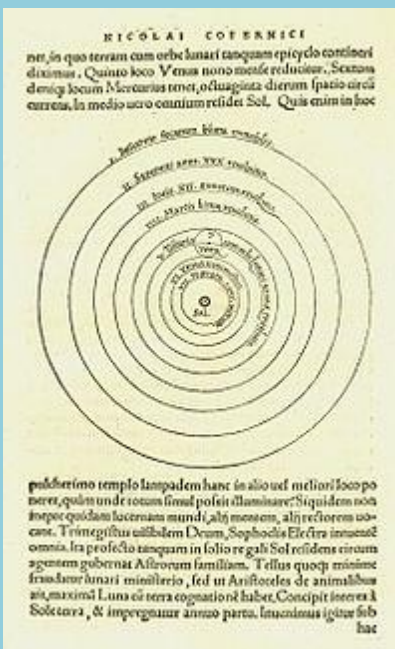




Da Vinci's **Vitruvianman**: Een voorbeeld van de samenkomst van kunst en wetenschap.

De **Renaissance** was in de **Europese geschiedenis** een periode van opbloei van kunsten en wetenschappen die haar grondslag had in de "wedergeboorte" van de verworvenheden van de Klassieke Oudheid. De **Wetenschap in de Renaissance** kwam in een stroomversnelling, onder andere door de herontdekking van klassieke wetenschappelijke teksten als gevolg van de **val van Constantinopel** in **1453** en door de uitvinding van de **boekdrukkunst** rond dezelfde tijd. Dit laatste stimuleerde de democratisering van het onderwijs en onderzoek en de verspreiding van ideeën. Echter, met name de beginperiode wordt door historici wel gezien als een periode van wetenschappelijke teruggang. Humanisten hadden vooral interesse in sociale onderwerpen als de **politiek** en **geschiedenis**, ten koste van de **natuurwetenschap** en **toegepaste wiskunde**.

## Wetenschappelijke revolutie



**Copernicus'** heliocentrisch systeem.

Hoewel het begin van de zogenaamde [wetenschappelijke revolutie](#) niet precies aangegeven kan worden, wordt hiervoor wel het jaar [1543](#) genoemd. Dit is het jaar waarin Nicolaus Copernicus zijn *De revolutionibus orbium coelestium* (Over de omwenteling der hemellichamen) publiceerde, en [Andreas Vesalius](#) het eerste complete boek over de [menselijke anatomie](#), *De humani corporis fabrica libri septem* deed verschijnen. In de daarop volgende periode wordt een fundamentele transformatie zichtbaar van wetenschappelijk gedachtegoed in [natuurkunde](#), astronomie en de [biologie](#), in de instituten die het wetenschappelijk onderzoek ondersteunen, en meer algemeen in het gangbare [wereldbeeld](#). Mede hierdoor wordt deze periode gezien als de fundering van de moderne wetenschap.

## Huidige wetenschap



De derde wet van [Newton](#) in de praktijk.

De basis voor de moderne wetenschap is in de [17e eeuw](#) gelegd, mede vanuit een groeiend besef bij wetenschappers dat eigen [observaties](#) en experimenten de sleutel vormen tot kennis. Volgens Dijksterhuis (1950) leidde dit [modernisme](#) tot een „[mechanisering van het wereldbeeld](#)”, die zijn hoogtepunt beleefde in de [klassieke mechanica](#) van Newton.<sup>[6]</sup>

Vanaf de [18e eeuw](#) leidde een differentiatie in de traditionele terreinen van de natuurwetenschap en wiskunde tot de opkomst van een hele verzameling natuurwetenschappen, zoals de biologie, en later ook tot andere wetenschappen, zoals de sociologie en de psychologie. De wetenschap kenmerkte zich in de [19e eeuw](#) door grotere professionalisering en institutionalisering en door steeds verder gaande specialisatie in het begin van de [20e eeuw](#). Gedurende de 20e eeuw nam het maatschappelijk belang van wetenschap toe in onder meer de economie, de productie en het bestuur.

## Onderwerpen

### Classificatie



[Linnaeus'](#) tabel van het dierenrijk uit de *Systema Naturae* (1735).

Het begrip "classificatie van de wetenschap", "wetenschapsclassificatie" of "wetenschappelijke classificatie" heeft twee verschillende betekenissen:<sup>[7]</sup>

- De indeling van de afzonderlijke wetenschappelijke disciplines in een **classificatiesysteem**
- De indeling van het **kenobject** van een wetenschap in een classificatiesysteem, wat ook wel **taxonomie** genoemd.

De **classificatie** der wetenschappen is een speciaal aspect van de meer omvattende vraag naar de wederzijdse betrekkingen, die tussen de wetenschapsgebieden bestaan. Volgens Beth (1959) kunnen we in dit verband drie tendensen onderscheiden:<sup>[7]</sup>

- Ten eerste bestaat er een streven, tussen de verschillende wetenschappen een **hiërarchische** rangorde tot stand te brengen;
- Hiertegenover staat de leer van de **autonomie** der afzonderlijke wetenschappen;
- Volgens een derde opvatting zijn de afzonderlijke wetenschappen niet als onderscheidbare eenheden aan te merken, doch veeleer als delen van één samenhangend geheel.

Naast deze indeling naar inhoud zijn ook wel indelingen gemaakt naar methode (bijvoorbeeld al dan niet experimenteel) en naar functie of context. Zo wordt academische wetenschap wel tegenover industriële of geïndustrialiseerde wetenschap geplaatst, 'zuiver wetenschappelijk' onderzoek tegenover toegepast.

De aanvaarding van één der **gezichtspunten** zal uiteraard van grote invloed zijn op de classificatie van de wetenschap.

De geschiedenis van het classificeren van de wetenschap gaat terug naar de klassieke oudheid. Elke classificatie heeft sindsdien echter slechts gedurende een bepaalde culturele periode stand gehouden. In elk cultureel tijdvak is kennis voorgesteld in uniforme structuren uitgedrukt in classificaties. Maar nieuwe culturele periodes brachten nieuwe samenhang en nieuwe classificaties.<sup>[8]</sup>

## Experiment



Op de Nationale Wetenschap Olympiade in **Houston** (VS) in 2004 tonen scholieren hun kennis met enige experimenten.

Een experiment, ook wel proef genoemd, is een zorgvuldig opgezette en nauwkeurige nabootsing van een stukje werkelijkheid dat kan worden uitgevoerd om een wetenschappelijke hypothese te testen. Ingewikkelde experimenten met nauwkeurig **meetgereedschap** wordt meestal in speciale **laboratoria** uitgevoerd. Sommige hypothesen, bijvoorbeeld dat de **zwaartekracht** alles naar beneden trekt, kunnen eenvoudig, zonder speciale apparatuur of voorzieningen, getest worden. Zulke experimenten vergroten het inzicht en begrip van **natuurwetten**.



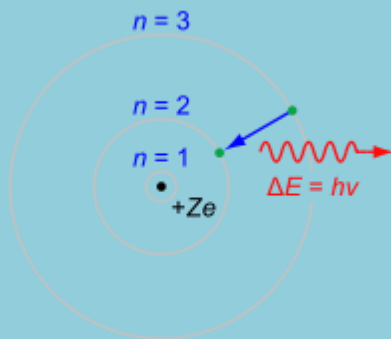
## Paradigma

➤ Zie *Paradigma (wetenschapsfilosofie)* voor het hoofdartikel over dit onderwerp.

De wetenschapsfilosoof **Thomas Kuhn** beschreef de voortschrijdende ontwikkeling van wetenschappelijke kennis in de vorm van **paradigma's**<sup>[9]</sup>. Bij het toepassen van de wetenschappelijke methode, komen steeds opnieuw waarnemingen naar boven die niet in de bestaande modellen of paradigma's passen. Kuhn noemde deze **anomalieën**.

Een sprekend voorbeeld van een **paradigmaverschuiving** is de **Copernicaanse wending** in het wereldbeeld vanaf de 16e eeuw onder invloed van het werk van astronomen als Nicolaus Copernicus, **Tycho Brahe**, **Johannes Kepler**, **Galileo Galilei** en Newton: hun keuze voor de empirie boven religieuze opvattingen doorbrak het eerdere op autoriteit berustende wereldbeeld.

## Theorie



**Atoommodel** van **Bohr** van **element** nummer Z (met **kernlading** Ze) waarin een **elektron** terugvalt van niveau 3 naar 2 en een **foton** uitzendt.

Een theorie is een wetenschappelijk **model** of uitspraak over **waarnemingen** in de **empirie** (werkelijkheid). Het doel van een theorie is daarbij de onderlinge samenhang van de waarnemingen te kunnen beschrijven en te verklaren.

Over betekenis en functie van de theorievorming zijn nog steeds diepgaande discussies gaande, m.n. naar aanleiding van de aanval van **Karl R. Popper** op de verificatietheorie, de nog steeds het meest aanvaarde en laatstelijk nog door **Rudolf Carnap** empirisch gefundeerde theorie, waartegenover Popper op scherpzinnige wijze telkens opnieuw z'n **falsificatietheorie** stelt.<sup>[5]</sup>

De juistheid van een theorie kan althans volgens Popper (1935) nooit geverifieerd worden<sup>[10]</sup>. Dit komt doordat ongeacht het aantal bevestigende waarnemingen dat wordt gedaan, er nimmer kan worden uitgesloten dat de volgende waarneming een andere uitkomst zal geven. Als meerdere onafhankelijke waarnemers dezelfde waarneming doen, kan er overeenstemming worden bereikt over de juistheid van een dergelijke waarneming. **Inductivisten** meenden uit een eindig aantal van dergelijke waarnemingen universeel geldige uitspraken over de werkelijkheid te kunnen doen.

## Vormen van wetenschap

Men kan een onderscheid maken tussen **fundamentele wetenschap** gepaard gaand met **fundamenteel onderzoek** en toegepaste wetenschap waaraan **toegepast onderzoek** is gekoppeld. Wanneer wetenschappers hun kennis ter beschikking stellen aan de maatschappij in het algemeen, of aan het bedrijfsleven in het bijzonder, noemt men dit valorisatie.

Ook wordt wetenschap wel onderverdeeld in geestes-, natuur-, sociale - en formele wetenschap:

- **Geesteswetenschappen** : ook wel **alfawetenschappen** genoemd, zijn wetenschappen die zich bezig houden met producten van de menselijke geest, zoals geschiedenis, letteren en filosofie.
- **Natuurwetenschappen** : ook **exacte wetenschappen**, bètawetenschappen of positieve wetenschappen genoemd, zijn gebaseerd op natuurwetten en theorieën, die falsifieerbaar zijn door experimentele toetsing, de wetenschappelijke methode. Voorbeelden zijn biologie, natuurkunde, technische wetenschappen en vaak ook de formele wetenschappen.
- **Sociale wetenschappen** : ook **gammawetenschappen** genoemd, zijn maatschappij- en gedragswetenschappen zoals sociologie, economie en rechtsgeleerdheid.
- **Formele wetenschappen** : dit zijn de wetenschappen over grondvormen van kennisopbouw en kennisverwerving. Hiertoe rekent men de logica, wiskunde, methodologie en systeemtheorie. Meestal echter worden formele wetenschappen als onderdeel van de natuurwetenschappen beschouwd.

## Wetenschappelijke kennis

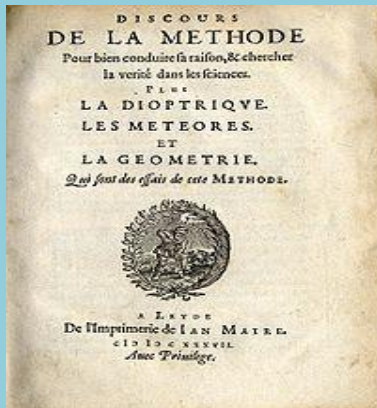


Personificatie van kennis in de **Bibliotheek van Celsus** in Efeze

Wetenschap is geordende kennis van de werkelijkheid. Haar ideaal is objectiviteit en algemene geldigheid. Er is een voortdurend streven om meningen en hypothesen door toetsing tot wetenschap te verheffen.<sup>[11]</sup>

In de wetenschappen wordt gestreefd naar het opbouwen van een bestand van kennis, een zgn. "body of knowledge". Wetenschap heeft de opdracht om nieuwe kennis te produceren, en in het bijzonder fundamentele kennis. Behalve de taak om nieuwe samenhangen in de wereld te ontdekken en te ontwikkelen in de zogenoemde **context of discovery**, moet de wetenschap ook aantonen dat men werkelijk op zo'n fundament kan bouwen. Beweringen waarin die samenhangen worden weergegeven, moeten worden gerechtvaardigd in de **context of justification**: gelegitimeerd als "wetenschappelijk waar", en dus geschikt voor opname in het desbetreffende kennisbestand.<sup>[12]</sup>

## Wetenschappelijke methode



Voorblad van René Descartes *Discours de la Méthode* uit 1637.

Elke wetenschap ontwikkelt haar eigen theorieën en methoden en technieken. Met de wetenschappelijke methode wordt de algemene werkwijze in de wetenschap aangeduid. Deze methode is m.a.w. de wetenschappelijk verantwoorde weg om kennis te verwerven. Er wordt wel beweerd dat er één wetenschappelijke methode bestaat, die is gebaseerd op waarneming, **meting**, voorspelling, experiment, **verificatie** en falsificatie. Deze methode wordt voorgesteld als een "**empirische** cyclus", ofwel een cyclische interactie van het opstellen van hypothesen, het doen van voorspellingen, het toetsen door waarneming en het evalueren van hypothese en resultaten.<sup>[13]</sup>

In de wetenschapsfilosofie wordt echter al sinds de **Klassieke oudheid** nagedacht over de kennisverwerving, en talloze filosofen hebben allerlei methodes voorgesteld. Zo beschreef Plato de **Socratische methode** om via een schijnweten en onderzoek en weerlegging eerst te komen tot een erkenning van het niet weten, om vervolgens door heropname van de vraag over te gaan tot een zoeken naar de waarheid.<sup>[14]</sup> **Aristoteles** beschreef de **deductie** en **inductie**. **René Descartes** kwam met een **analytische methode** en leidde het **rationalisme** in. Filosofen als **Berkeley**, **Locke** en **Hume** predikten hier tegenover het **empirisme**, **Kant** een **criticisme**, **Hegel** de **dialectiek**, **Comte** het **positivisme**, **Popper** de empirische cyclus, **Bertalanffy** het **systemdenken** en Thomas Kuhn de structuur van wetenschappelijke revoluties.

## Wetenschappelijk resultaat

Wetenschap en technologie kennen een breed scala aan directe en indirecte opbrengsten. Vele daarvan worden pas na geruime tijd zichtbaar. De omvang, gebruikswaarde en effectiviteit van die resultaten zijn bovendien vaak niet of nauwelijks op systematische wijze te kwantificeren. Dit geldt echter niet voor tastbare kennisdragers in de vorm van publicaties zoals wetenschappelijke artikelen en octrooien. Deze omvangrijke bron van algemeen toegankelijke informatie biedt, via de zogeheten 'bibliometrische' methode, de mogelijkheid tot een internationaal vergelijkbare meting van bijvoorbeeld Nederlandse kennisproductie. Daarvoor wordt een tweetal typen internationale bibliografische informatiebronnen aangeboord.<sup>[15]</sup>

- Internationale technische en **wetenschappelijk tijdschriften** waarin uitkomsten van kwalitatief hoogwaardig fundamenteel en toepassingsgericht wetenschappelijk onderzoek doorgaans worden gedocumenteerd
- **Octrooien**, waarmee commercieel en strategisch belangrijke technologische innovaties worden geregistreerd en beschermd.

Hoewel het streven steeds gericht is op definitieve resultaten, blijkt desondanks wetenschap volgens Kuyper (1977) nooit een definitieve vorm of inhoud aan te nemen, maar steeds vatbaar te zijn voor verbreding, uitbreiding, verdieping, correctie, ja zelfs voor radicale keerpunten en revoluties. De wijze van onderzoek en de controle der resultaten alsook de vorm die aan de resultaten wordt gegeven dragen een methodisch karakter, zozeer dat wetenschap in de grond van de zaak sinds de Grieken als een kwestie van methoden (inductieve, deductieve en experimentele methode) wordt beschouwd en eventueel van theoretisch verantwoorde technieken, zoals [statistiek](#) en tests, maar ook van redenering en bewijsvorm.<sup>[5]</sup>

## Studie en grondslag

Er zijn enkele wetenschapsgebieden die ofwel als grondslag van de rest van de wetenschap kunnen worden gezien, ofwel de rest van de wetenschap als object van studie hebben. Logica vormt de grondslag voor wetenschap, wiskunde is voor veel wetenschappen onmisbaar. Wetenschap is object van studie voor de wetenschapsgeschiedenis en wetenschapssociologie. Wetenschapsfilosofie valt in beide categorieën. Methodologie wortelt in de wetenschapsfilosofie, maar ook in logica en wiskunde.

### Logica

De logica is van origine de wetenschap, die zich bezig houdt met de studie van het *correct redeneren*. Reeds in de Oudheid werd opgemerkt dat menselijk redeneren systematisch valt te ontleden in combinaties van vaste patronen, zogenaamde [gevolgtrekkingen](#).<sup>[16]</sup> De centrale vraag van de formele logica luidt: onder welke voorwaarde een gegeven bewering een geldige gevolgtrekking ([oordeel](#)) is uit een of meer andere beweringen ([premissen](#))? Een volledige behandeling van deze vraag veronderstelt:<sup>[17]</sup>

- de classificatie van de bestanddelen van de bewering: de [termen](#) of [begrippen](#).
- de [betekenis](#) van de bewering en haar bestanddelen.
- de [definitie](#) van de termen

In de logica wordt verondersteld, dat de formele logica (logica minor) de grondslag kan vormen van de [wetenschapsleer](#) (logica major), die onderzoekt, op welke wijze in de verschillende wetenschappen gevolgtrekkingen worden gemaakt. Men onderscheidt hierbij de algemene en bijzondere wetenschapsleer. In ruime zin rekent men tot de logica de [kennistheorie](#), die de oorsprong, kenniskritiek, en realiteitswaarde van de kennis onderzoekt en soms ook nog de [metafysica](#) der rede, die zich bezig houdt met het onderzoek van de rede als determinerende factor in het wereldgebeuren.<sup>[17]</sup>

### Methodologie

De [methodologie](#) is de studie van de wetenschappelijke methoden, de procedures en werkwijzen, die moeten worden gebruikt om kennis te verwerven en om de wetenschap vooruit te helpen. Elke [vakdiscipline](#) heeft eigen [methoden](#) en [technieken](#) en vaak ook een specifieke organisatie met [onderzoekers](#), [leerstoelen](#) en [vakliteratuur](#), waar deze specifieke methodologie wordt bestudeerd.

Het begrip "Methodologie" wordt vaak geassocieerd met het maken van een onderzoeksopzet. Door de semantische verwarring rond dit begrip worden noties van "methodologie", "methode" en "methodiek" vaak door elkaar gebruikt. Als vakgebied heeft de methodologie te maken met het structureren van het handelen om op grond daarvan zoekgedrag te verantwoorden. Methodologie wordt hierbij opgevat als handelingsleer.<sup>[18]</sup> Belangrijke vormen van methodologie in de wetenschap zijn de onderzoeksmethodologie en de [ontwerpmethodologie](#).

## Wetenschapsfilosofie



In de [Atheense school](#) van Rafaël (1509) debatteren Plato en Aristoteles over de bron van alle kennis. Plato verwijst hierbij omhoog naar de hemelse sferen, en Aristoteles omlaag naar de aardse bestaan, als de bron van alle kennis.

In de [wetenschapsfilosofie](#) wordt volgens Koningsveld (1987) de vraag gesteld "wat is wetenschap?". Volgens hem zijn er verschillende benaderingen van het verschijnsel wetenschap mogelijk.<sup>[19]</sup>

- Cultuurhistorische benadering: binnen deze benadering wordt wetenschap onderzocht als een cultureel verschijnsel dat de vrucht is van een historisch proces.<sup>[19]</sup>
- Economische benadering: van een "wetenschapseconomie", waarin het verschijnsel wetenschap door de bril van de econoom wordt bekeken, kan men nauwelijks spreken.<sup>[19]</sup>
- Psychologische benadering: wetenschap kan vanuit psychologisch gezichtspunt worden onderzocht door de aandacht te richten op het proces van wetenschappelijke begripsvorming.<sup>[19]</sup>
- Sociologische benadering: wetenschap wordt in de wetenschapssociologie onderzocht als een activiteit van een groep mensen. Welke normen en waarden constitueren de "wetenschappelijke" groep? Welke instituties treffen we aan? Welke statussymbolen.<sup>[19]</sup>
- Wetenschapshistorisch benadering: hier betreft het de geschiedschrijving van de wetenschap zelf.<sup>[19]</sup>

De "filosofische benadering" van het verschijnsel wetenschap bestaat volgens Herman Koningsveld (1987) zowel uit een analyse als uit een waardering van dit verschijnsel, zowel in de zin van onderzoek als in de zin van theorie. In de wetenschapsfilosofische analyse wordt getracht de veronderstellingen van wetenschap als activiteit bloot te leggen en opheldering te krijgen over de weg waarlangs dat onderzoek verloopt, over de methodes dus en over de logica achter dat onderzoek. Tevens is de wetenschapsfilosofie erop uit om de vragen over structuur, status en waarheidspretentie van theorieën te beantwoorden. Bij de waardering staat de vraag naar de rechtvaardiging centraal: Hoe kunnen de veronderstellingen, de methodes van onderzoek en de waarheidsaanspraken van theorieën worden gerechtvaardigd?<sup>[19]</sup>

## Wetenschapsgeschiedenis

Wetenschapsgeschiedenis is het vakgebied waarin de geschiedenis van de wetenschap als geheel of van afzonderlijke wetenschapsgebieden wordt onderzocht. Het is een specialisme binnen de [historische wetenschap](#), maar vertoont ook verwantschap met de wetenschapsfilosofie en wetenschapssociologie.



**Wetenschapsgeschiedenis** is net als andere vormen van geschiedenis meer dan een opsomming van historische feiten. Elke wetenschapsgeschiedenis bevat volgens Horsten (2007) onvermijdelijk een interpretatie van de historische feiten die ze beschrijft. Ook hier geldt immers dat elke observatie bepaald wordt door een bepaalde theorie. Alleen al het selecteren van de relevante historische feiten brengt een bepaalde interpretatie met zich mee.<sup>[20]</sup>

## Wetenschapssociologie

De **wetenschapssociologie**, een onderdeel van de **sociologie**, bestudeert de maatschappelijke processen waarin wetenschappelijke informatie wordt geproduceerd, als geldig wordt erkend door de wetenschappelijke gemeenschap, en ten slotte aan het groter geheel van de samenleving wordt doorgegeven.<sup>[21]</sup>

Door wetenschapssociologisch onderzoek groeit sinds 1945 en vooral na 1970 het inzicht in het complex "wetenschap en techniek" als onderdeel van maatschappelijke processen en structuren. De wederzijdse beïnvloeding tussen wetenschap en maatschappij is niet van recente datum maar vooral sinds 1945 is dit proces versneld en in omvang en betekenis toegenomen. Dit is karakteristiek voor iedere samenleving met een hoge of stijgende graad van industrialisatie. De ontwikkeling van wetenschap en technologie als onderdeel van het maatschappelijke ontwikkelings proces, wordt in toenemende mate als een zelfstandig onderdeel van studie erkend<sup>[2]</sup>

Een belangrijk wetenschapssociologisch discussiepunt vormt de vraag of er iets als **waardevrije wetenschap** bestaat. Wetenschap is **waardevrij** als de kennis die wetenschap oplevert niet wordt beïnvloed door waarden, waarbij zowel aan persoonlijke voorkeuren of belangen kan worden gedacht als aan maatschappelijke waarden.<sup>[22]</sup>

## Wiskunde



Wiskundecollege over **lineaire algebra** (**matrices**) aan de Technische Universiteit van **Helsinki** in 2005.

Of de wiskunde zelf als een wetenschap geclassificeerd kan worden, is met name in de Angelsaksische landen nogal een twistpunt. Sommigen zien wiskundigen als wetenschapsmensen, en beschouwen het **wetenschappelijk bewijs** als **conditio sine qua non** voor de natuurwetenschappelijke experimenten. Anderen zien wiskunde slechts als een hulpwetenschap, daar het zelf geen gebruik maakt van experimenten om theorie en hypothesen te testen. (Nu moet hierbij ook vermeld worden dat het Angelsaksische begrip "science" doorgaans de betekenis heeft van het continentale begrip "natuurwetenschap". Sociale wetenschap en geesteswetenschap worden veelal aangeduid als "humanities".) Wiskundige **stellingen** en **formules** worden verkregen met wiskundige logica of uit afleidingen van **axioma's**. Om dezelfde reden classificeert men wiskunde als formele wetenschap, natuurkunde en sociale wetenschap als empirische wetenschap.

In ieder geval is wiskunde is geen empirische wetenschap. Zij is nauw verwant aan de [logica](#), zij het dat de rol van de logica in de wiskunde een belangrijk punt is geweest in de [grondslagenstrijd](#) die de jaren 20 en 30 van de 20e eeuw woedde tussen vooraanstaande wiskundigen. Binnen de wiskunde hebben veel subdisciplines hun toepassingen, zelfs de 'zuivere' takken als [getaltheorie](#) en [topologie](#). Wiskunde is onmisbaar voor alle natuurwetenschappen en voor veel sociale wetenschappen. Bij de geesteswetenschappen, zoals beschouwende filosofie, geschiedenis en theologie niet of nauwelijks.

De wiskunde vervult drie belangrijke rollen. In de eerste plaats verschaft het een abstracte taal met symbolen, algebraïsche relaties, vergelijkingen en [wetenschappelijke modellen](#). In de tweede plaats kan mede hierdoor onderzoek beter worden vormgegeven. Het maken van hypothesen en het bedenken van experimenten en andere waarnemingen wordt systematischer. Tenslotte kan men met behulp van [statistiek](#) een hoog niveau van [statistische betrouwbaarheid](#) in de bewijsvoering bij uiteenlopende experimenten proberen te bereiken. In de studies van veel menswetenschappen, zoals psychologie en pedagogie is statistische analyse dan ook verplichte kost.

## Organisatie

De organisatie van de - academische - wetenschap is uitgestrekt van universiteit, laboratoria, onderzoeksinstituten en academies tot wetenschappelijke uitgeverijen en bibliotheken. Daarnaast vindt veel wetenschap plaats binnen laboratoria die verbonden zijn met industrieën, zoals de farmaceutische en voedingsindustrie, of overheidsinstanties, zoals defensie-, milieu- of waterstaatsinstituten. In onderstaande is gekozen om alleen enkele karakteristieken van academische wetenschap te beschrijven.



[Louis XIV](#) brengt een bezoek aan de [Académie des Sciences](#) in 1671.

### Academie

Een academie is, in de ruimste zin, een instelling voor hoger onderwijs, een universiteit of [hogeschool](#), 'ter beoefening van wetenschappen, letteren of kunst'. Iemand die een academische opleiding heeft afgerond, mag een academische [titel](#) gebruiken.

### Onderzoeksinstituut

Een onderzoeksinstituut is een organisatie gericht op de ontwikkeling van wetenschap en of de uitvoering van toegepast onderzoek. Zo'n organisatie wordt ook wel aangeduid als *centrum*,

*expertisecentrum, kenniscentrum, kennisinstituut, onderzoekscentrum, instituut, research instelling* en alle mogelijke Engelstalige varianten. Een onderzoeksinstituut is in de regel een organisatie van wetenschappers, wetenschappelijke medewerkers en administratief personeel. De grootte van zo'n instituut kan verschillen van enkele tot honderden medewerkers. Het onderzoeksgebied met de doelen, wegen en middelen wordt vastgelegd in het **beleid** van het instituut. Sommige instituten zijn opgezet rond een onderzoeksprogramma.

#### Universiteit

Een universiteit is een instelling voor hoger **onderwijs**, wetenschappelijk **onderzoek** en **dienstverlening**. Universiteiten zijn in de regel onderverdeeld in een aantal **faculteiten** of departementen, voorzien van een **wetenschappelijke bibliotheek** en meerdere gerelateerde onderzoeksinstituten. Faculteiten en verschillende universiteiten werken tegenwoordig samen in gespecialiseerde onderzoeksscholen.

#### Vereniging van wetenschappers

Vereniging van wetenschappers zijn er in allerlei soorten. Bekende verenigingen zijn:

- De **Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)**
- De **Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten**



#### Het besneeuwde grasdak van de **bibliotheek van de TU Delft**

##### Wetenschappelijke bibliotheek

Aan elke universiteit of ander hoger opleidingsinstituut is een wetenschappelijke bibliotheek of **universiteitsbibliotheek** met specialistische vakliteratuur verbonden. De producten en diensten van een universiteitsbibliotheek staan ter beschikking van de staf en de studenten van de universiteit. Zij ondersteunen daarmee onderwijs en onderzoek. Vaak fungeert een universiteitsbibliotheek als een **koepelorganisatie** voor de aan de universiteit verbonden faculteitsbibliotheken. In tegenstelling tot een **openbare bibliotheek** heeft een universiteitsbibliotheek een bewaarfunctie: wat eenmaal is aangeschaft verlaat in beginsel de collectie niet weer.

##### Wetenschappelijke gemeenschap

Met de wetenschappelijke gemeenschap worden alle wetenschappers op de wereld en hun onderlinge relaties en interacties bedoeld. De gemeenschap is onder te verdelen in vakgebieden, die als subgemeenschappen fungeren. In de wetenschap wordt objectiviteit van wetenschappelijk onderzoek bereikt door de wetenschappelijke methode te gebruiken. Via **peer review** tijdens **debatten**, conferenties, **symposia** en bij **publicaties** in wetenschappelijke tijdschriften helpt de wetenschappelijke gemeenschap bij het bereiken van die objectiviteit waardoor de kwaliteit van de wetenschappelijke methode en de **interpretatie** van resultaten gewaarborgd wordt.



Het **KNAW** in het **Trippenhuis** in **Amsterdam**, sinds 1877.

#### Wetenschappelijk genootschap

Een wetenschappelijk genootschap is een organisatie dat als doel heeft een wetenschappelijke discipline te promoten en de kennis erover te verspreiden en populariseren. Lidmaatschap van dergelijke genootschappen kan in sommige gevallen open voor iedereen zijn, maar meestal is een bepaalde **academische graad** nodig of worden nieuwe leden gevraagd lid te worden na een interne verkiezing. Dit laatste is vooral het geval met de oudste wetenschappelijke genootschappen, lidmaatschap wordt dan als een eer gezien die slechts gereputeerde geleerden ten deel valt.

#### Wetenschappelijke literatuur

De wetenschappelijke literatuur is het geheel van serieuze publicaties die over **empirisch** en **theoretisch** werk in de wetenschap rapporteren of hebben gerapporteerd, in zowel alfa-, beta- als gammawetenschappen. Vaak wordt er kortweg gesproken over "de literatuur".

#### Wetenschappelijke symposia

Een wetenschappelijke symposium, ook wel congres of conferentie, is een bijeenkomst voor onderzoekers en belangstellenden voor de presentatie en discussie van hun werk. Samen met wetenschappelijke tijdschriften voorzien symposia in een belangrijk kanaal om ideeën en informatie uit te wisselen tussen wetenschappers.



Paleis der Academiën, in **Brussel**

#### Wetenschappelijk tijdschrift

Een wetenschappelijk tijdschrift is een **tijdschrift** waarin **wetenschappers** hun bevindingen publiceren. Acceptatie voor een publicatie vindt meestal plaats op basis van **peer review**: een inzending wordt beoordeeld door collega-wetenschappers en op basis daarvan geaccepteerd of geweigerd door de **redacteur**.

#### Wetenschapper

Een wetenschapper of ook wel geleerde is iemand die veelal **gestudeerd** heeft aan een universiteit of andere instelling voor hoger wetenschappelijk onderwijs. Door middel van onderzoek of daarmee verwante activiteiten draagt de wetenschapper bij aan de ontwikkeling van nieuwe kennis of

toepassingen daarvan. Wetenschappers presenteren hun nieuwe inzichten doorgaans eerst voor vakgenoten via lezingen, discussies en publicaties, maar in toenemende mate ook meteen voor opdrachtgevers zoals de industrie.